

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ  
ІВАНА ПУЛЮЯ

Факультет інженерії машин, споруд і технологій

Кафедра: “Технології і обладнання  
зварювального виробництва”

**Методичні вказівки**

для виконання лабораторних робіт

з дисципліни: “Контроль якості зварювання”

для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка”

(перевидання)

Тернопіль - 2016

Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни “Контроль якості зварювання” для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” (перевидання) / С.Ю. Мариненко. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2016. – 76 с.

Укладач: к.т.н, доц. Мариненко С.Ю.,

Рецензент: к.т.н., доц. Крамар Г.М.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри «Технології і обладнання зварювального виробництва»

Протокол № 2 від « 29 » 08 2016 р.

Розглянуто, схвалено та рекомендовано до друку методичною комісією факультету інженерії машин, споруд і технологій ТНТУ імені Івана Пулюя.

Протокол № 1 від « 29 » 08 2016 р.

# **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1**

## **ТЕМА: ДЕФЕКТИ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ**

**МЕТА РОБОТИ:** Систематизувати знання відносно виникнення дефектів зварних з'єднань і причини їх появи, одержати практичні навички контролю якості візуальним методом.

### **1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ**

Дефект – це кожна окрема невідповідність продукції вимогам, встановлених нормативною документацією.

Дефекти в зварних з'єднаннях за причинами виникнення можна розділити на дві групи: металургійні та технологічні.

Металургійні дефекти виникають при кристалізації металу після його виплавки на металургійних підприємствах та подальшому їх обробленні тиском.

До технологічних дефектів відносять дефекти отримані при механічній і термічній обробці матеріалів, а також формоутворенні заготовок методами гнуття, штампування та ін.

До технологічних дефектів також відносять і зварювальні дефекти, які класифікують на дефекти підготовки, складання і самого процесу зварювання.

Дефекти в зварних з'єднаннях можна розділити на три групи:

1. дефекти – нещільності зварного шва або зварних точок (на їх частку припадає приблизно 50% всіх дефектів);

2. дефекти - спотворення форми і відхилення геометричних розмірів зварного шва або зварних точок (приблизно 25% всіх дефектів);

3. дефекти - невідповідності хімічного складу і структури металу зварного шва або зони термічного впливу.

Дефекти – нещільності при зварюванні класифікуються за наступними ознаками:

- по можливості виявлення :
  - зовнішні або поверхневі;
  - внутрішні.

Зовнішні дефекти це дефекти форми швів. Вони легко виявляються зовнішнім оглядом.

Внутрішні – це дефекти нещільності (макроскопічні дефекти) або дефекти структури. Виявлення останніх можливе шляхом використання методів неруйнівного контролю якості.

- по можливості усунення:
  - виправні;
  - не виправні.

Дефекти типу наскрізних тріщин і пропалів, як правило не підлягають виправленню і вироби з такими дефектами підлягають вибракуванню та не можуть використовуватись навіть при виправленні таких дефектів.

- за протяжністю:

- одиничні (окремі);
- непряжні (розташовані компактно);
- протяжні (витягнуті в лінію).

Прикладом одиничних дефектів є окрема пора або включення. До компактно розташованих дефектів відносять групу з декількох пор. Відстань між порами не більше 2-3 їх діаметрів однієї із них. Прикладом протяжних дефектів є ланцюжок пор, що утворюється наприклад при дуговому зварюванні алюмінієвих сплавів і розміщуються вздовж лінії сплаву.

• за формою:

- площинні (тріщини, непровари);
- об'ємні (пори, включення).

Площинні дефекти є найнебезпечнішими дефектами у зв'язку з концентрацією напруги в їх зоні.

• за місцем розташування

- зовнішні (поверхневі);
- внутрішні (приповерхневі і глибинні);
- наскрізні.

Дефекти можуть розташовуватися і в різних зонах зварного з'єднання, зокрема в шві по межі сплавлення або в біляшовній зоні.

Приведена класифікація дефектів дозволяє оптимізувати вибір методів неруйнівного контролю.

При оцінці якості продукції по її дефектності необхідно нормувати характеристики допустимих дефектів. Ці характеристики класифікують на:

абсолютні;  
відносні;  
статистичні.

До абсолютних характеристик відносять лінійні розміри дефектів (довжина, висота, глибина), їх кількість в зварному шві і відстань між ними (для одиничних дефектів). Для компактно розташованих дефектів визначають площу дефектної ділянки, а для протяжних дефектів визначають їх сумарну довжину.

Відносні характеристики дефектності використовують для порівняльної оцінки різних технологічних рішень, наприклад, при виборі методу і режимів обробки.

До відносних характеристик відносять такі величини, як відношення лінійних розмірів дефектів, або сумарну їх довжину, або число дефектів до одиничної довжини чи товщини зварного шва.

Під одиничною довжиною зварного шва розуміють або один погонний метр, або - 100 мм (для коротких швів).

Відносною характеристикою є також площа дефектної ділянки, віднесена до площі поперечного перетину шва для компактно розташованих дефектів.

До статистичних показників дефектності відносять, сумарну довжину дефектів по довжині шва, віднесену до загального числа дефектів. Статистичні показники використовують при аналізі

великого числа зварних з'єднань (100 - 1000) у багатосерійному і масовому виробництві.

Норми допустимих дефектів встановлюють в нормативно-технічній документації.

## **1.2 ДЕФЕКТИ ЗВАРЮВАННЯ ПЛАВЛЕННЯМ**

Дефекти зварювання плавленням класифікують по місцю розташування на поверхневі, внутрішні і наскрізні.

До поверхневих дефектів відносять:

- непровари в корені шва;
- підрізи;
- напливи;
- кратери;
- заниження (ослаблення) лицевої поверхні

шва;

- увігнутість кореня шва;
- зсув зварених кромок;
- різкий перехід від шва до основного металу (неправильне сполучення зварного шва);

- бризки металу;
- поверхневе окислення;
- поверхневі тріщини.

До внутрішніх дефектів відносять:

- пори;
- включення;
- оксидні плівки;
- внутрішні тріщини;

- непровари по кромці з основним металом і між окремими шарами;
- свищі.

До наскрізних дефектів відносять тріщини і пропали.

Крім дефектів - нещільності до дефектів зварювання плавленням відносять: спотворення форми з'єднання, пов'язане з деформацією і невідповідність геометричних розмірів зварного шва або точок, регламентованим значенням, встановленим НТД (нормативно-технічною документацією).

Основні методи дефектоскопії зварних з'єднань виконаних зварюванням плавленням наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Основні методи дефектоскопії зварних з'єднань виконаних зварюванням плавленням

Дефекти	Методи неруйнівного контролю
Зовнішні	<ul style="list-style-type: none"> <li>- візуально-оптичний;</li> <li>- капілярний;</li> <li>- магнітний;</li> <li>- вихреструменевий</li> </ul>
Внутрішні	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ультразвуковий;</li> <li>- магнітний;</li> <li>- радіаційний</li> </ul>
Наскрізні	<ul style="list-style-type: none"> <li>- капілярний;</li> <li>- течешукачем</li> </ul>



### 1.3 ДЕФЕКТИ ЗВАРЮВАННЯ КОНТАКТНИМИ СПОСОБАМИ

Дефекти контактного зварювання класифікують на поверхневі і внутрішні.

До поверхневих дефектів відносять:

а) зсув центрів зварних точок або зварного шва від осі розмітки;

б) глибокі вм'ятини в місцях прикладання електродів;

в) великий діаметр вм'ятини;

г) потемніння поверхні;

д) зовнішні тріщини;

е) зовнішній виплеск.

До внутрішніх дефектів відносять:

а) непровар;

б) внутрішній виплеск;

в) усадкові дефекти.

При контактному зварюванні може в деяких випадках утворитися і наскрізний дефект - пропал.

Основні методи дефектоскопії зварних з'єднань наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Основні методи дефектоскопії зварних з'єднань

Дефекти	Методи неруйнівного контролю
Зовнішні	- візуально-оптичний
Внутрішні	- ультразвуковий; - вихреструмовий; - радіаційний

## 2 ВІЗУАЛЬНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ

Візуальний контроль матеріалу (напівфабрикатів, заготовель, деталей) і зварених з'єднань проводять на наступних стадіях:

- вхідного контролю;
- виготовлення деталей, складальних одиниць і виробів;
- підготовки деталей і складальних одиниць до складання;
- підготовки деталей і складальних одиниць до зварювання;
- складання деталей і складальних одиниць під зварювання;
- процесу зварювання;
- контролю готових зварних з'єднань;
- виправлення дефектних ділянок у матеріалі й зварених з'єднаннях;
- оцінка стану матеріалу й зварних з'єднань у процесі експлуатації зварних з'єднань в тому числі після закінчення встановленого строку їхньої експлуатації

Візуальним оглядом перевіряють якість підготовки і складання заготовок під зварювання, якість виконання і якість готових зварних швів. Візуальним оглядом контролюють всі зварні вироби незалежно від використання інших видів контролю. Візуальний огляд в багатьох випадках достатньо

інформативний, найбільш дешевий і оперативний метод контролю.

Контроль заготовки і складання. Зовнішньому огляду піддають матеріал, який може бракуватися при наявності вм'ятин, окалин, слідів корозії і т.п. Визначають якість підготовки кромок під зварювання і складання заготовок: чистоту кромок, відповідність зазорів допустимих значень, правильність поділу кромок і т.п. Для цього можна використовувати спеціальні шаблони або універсальний інструмент.

Спостереження за процесом зварювання. Візуально контролюють режим зварювання, газовий захист дуги, правильність положення валиків в багатошарових швах і т.п. Часто контролер за допомогою лупи може перевірити перші шари шва, що дає можливість попередити в подальшій появі тріщин в шві і колошовній зоні. Якість окремих шарів перевіряють шляхом порівняння з еталоном.

Огляд готових з'єднань. Перш за все зовнішнім оглядом неозброєним оком або в лупу перевіряють наявність тріщин, підрізів, свищів, пропалів, непроварів (кореня і кромок).

При візуальному контролі зварних з'єднань контрольована зона повинна містити в собі поверхню металу шва, а також зону основного металу, що примикає до нього в обидва боки від шва шириною:

- не менш 5 мм – для стикових з'єднань, виконаних дуговим і електронно-променевим зварюванням, зварюванням оплавленням при номінальній товщині зварних деталей до 5 мм включно;

- не менше номінальної товщини стінки деталі – для стикових з'єднань, виконаних дуговим і електронно-променевим зварюванням, зварюванням оплавленням при номінальній товщині зварних деталей понад 5 до 20 мм;

- не менш 20 мм – для стикових з'єднань, виконаних дуговим і електронно-променевим зварюванням, зварюванням оплавленням, при номінальній товщині зварених деталей понад 20 мм, а також для стикових і кутових з'єднань, виконаних газовим зварюванням, незалежно від номінальної товщини стінки зварених деталей і при ремонті дефектних ділянок у зварених з'єднаннях.

Зварні шви приймають за зовнішнім виглядом в порівнянні з еталонами. Геометричні параметри швів виміряють за допомогою шаблонів або вимірювальних інструментів.

Тільки після зовнішнього огляду виробу з'єднання підлягають будь – яким фізичним

методам контролю для визначення внутрішніх дефектів. Ретельний зовнішній огляд – звичайно дуже проста операція але може бути високоефективним засобом попередження і виявлення дефектів.

## **2.1 ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМИ ВІЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ**

При візуальному контролі застосовують:

- лупи, у тому числі вимірювальні;
- лінійки вимірювальні металеві;
- косинці перевірочні 90 град. лекальні;
- штангенциркулі,
- щупи;
- кутоміри з ноніусом;
- мікрометри;
- калібри;
- ендоскопи;
- шаблони, у тому числі спеціальні й радіусні, різбові й інші;
- перевірочні плити;
- штрихові міри довжини (сталеві вимірювальні лінійки, рулетки).

Допускається застосування інших засобів візуального й вимірювального контролю, при умові наявності відповідних інструкцій, методик їхнього застосування.

Для виміру форми й розмірів крайок, зазорів, зібраних під зварювання деталей, а також розмірів

виконаних зварених сполук дозволяється застосовувати шаблони різних типів.

Погрішність вимірів при вимірювальному контролі не повинна перевищувати величин, зазначених у робочих кресленнях.

### **3 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

1. Перед виконанням роботи потрібно вивчити теоретичний матеріал.
2. На початку заняття отримати у викладача зразки зварних з'єднань, їх макети.
3. Провести візуальний огляд отриманих зразків. Зарисувати в зошит дефекти, які будуть виявлені під час візуального огляду.
4. Зробити висновок щодо дефектності зварних з'єднань, причин виникнення дефектів. Визначити шляхи усунення наявних зварних дефектів.

### **4 ЗМІСТ ЗВІТУ**

1. Тема, мета роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Порядок виконання роботи.
4. Контрольні запитання
5. Перелік посилань
6. Результати роботи. Ескізи дослідних зразків. Причини їх появи. Шляхи усунення дефектів.
7. Висновок про якість зварних з'єднань.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Які дефекти зварних з'єднань ви знаєте?
2. Перерахуйте основні причини появи дефектів зварних з'єднань?
3. Як впливають на працездатність зварного з'єднання дефекти?
4. Які дефекти виявляються зовнішнім оглядом?
5. З якою метою проводяться металографічні дослідження?
6. Назвіть основні групи дефектів зварних з'єднань?
7. Якими пристроями і інструментами користуються при контролі візуальним оглядом?

## **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Кривов Г.О. Виробництво зварних конструкцій [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К.: КВІЦ, 2012. – 896 с.
2. Волченко В.Н. Контроль качества сварки [Текст]: учеб. пособие / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1986. – 152 с. – 1 прим.
3. Моцохин С.Б. Контроль качества сварных соединений и конструкций [Текст]: учеб. Пособие / С.Б. Моцохин. – М.: Стройиздат, 1985. – 232 с. -1 прим.

4. Назаров С.Т. Методи контролю якості зварних швів [Текст]: учеб. пособие / С.Т. Назаров. – М.: Машиностроение, 1984. – 228 с.



## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2**

**ТЕМА:** Руйнуючі методи контролю зварних з'єднань

**МЕТА:** Ознайомлення і вивчення характеристик руйнуючих методів контролю, методик випробувань металу зварних з'єднань

### **3 КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ**

**3.1** Механічні випробування зварних з'єднань на статичний розтяг проводять згідно ГОСТ 6996-66 із змінами затвердженими в 1990р.

Випробування проводять на спеціальних машинах для визначення властивостей металу шва і різних ділянок біляшовної зони при всіх видах зварювання плавленням.

До них відносяться такі випробування:

а) випробування основного і наплавленого металу (рис.1, 2) на розтяг з визначенням:

- границі текучості (1)

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F}; \quad (1)$$

де  $P_T$  - зусилля, яке відповідає межі руйнування зразка.

- границі міцності (2)

$$\sigma_\epsilon = \frac{P_B}{F}; \quad (2)$$

де  $P_B$  - зусилля, яке відповідає межі текучості.

- відносного видовження (3)

$$\delta = \frac{\Delta l}{l}; \quad (3)$$

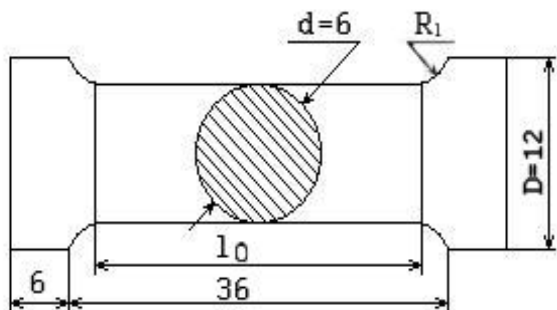


Рисунок 1 - Зразок Гагаріна з розрахунковою довжиною  $l_0 = 30$  мм для випробувань на розтяг

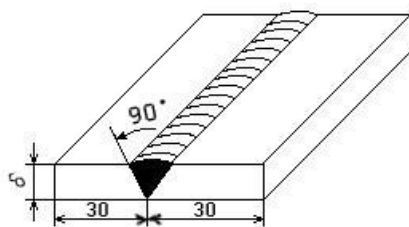


Рисунок 2 – Наплавлення металу шва для вирізання зразків Гагаріна.

- поперечного звуження (4)

$$\psi = \frac{F - F_{\kappa}}{A}; \quad (4)$$

де  $F$  - початкова площа зразка;  $F_{\kappa}$  - площа зразка після руйнування;  $l$  - початкова довжина зразка;  $\Delta l$  - приріст довжини зразка після руйнування;

Випробування стикового з'єднання на розтяг показано на рисунку 3.

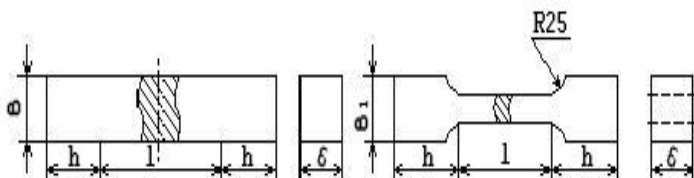


Рисунок 3 – Зразки для визначення границі міцності зварного з'єднання

На рисунку 4 наведено схематичне зображення зразків для випробувань на ударний згин подовжнього і поперечного швів.

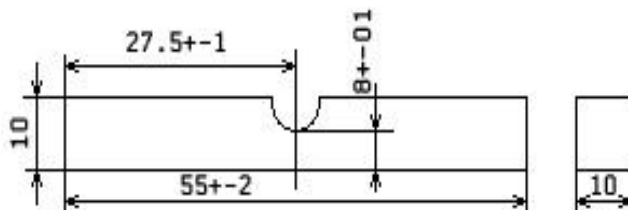


Рисунок 4 – Зразок для випробування на ударний згин

На рисунку 5 наведено схематичне зображення зразків для випробування на статичний згин

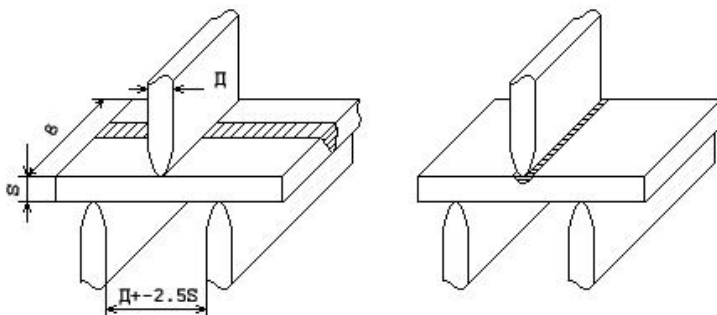


Рисунок 5 – Схематичне зображення зразків для випробування на статичний згин в поперек шва (а) та повздовж шва (б)

**3.2** Металографічні дослідження використовують для визначення правильності вибраних режимів зварювання, електродів, флюсів, і т.д., факторів якості, а також для виявлення реальних розмірів зварних дефектів, можливих причин їх виникнення.

Оцінку якості ведуть по макро- і мікроструктурі металу шва і зоні термічного впливу (ЗТВ).

Мікроструктуру вивчають по шліфах і зломах швів. По характеру злому визначають пластичність

або крихкість металу, а також дефекти зварювання (раковини, включення, непровари).

**Макроструктура** дає можливість глибше вивчити будову шва. Її досліджують на полірованих шліфах при збільшенні (30-200 раз).

При аналізі зварюваності головну увагу приділяють оцінці загрози утворення холодних і гарячих тріщин в металі шва і зони термічного впливу.

Технологічна міцність (ТМ) – це стійкість металу зварного з'єднання до виникнення дефектів, в основному тріщин.

Вона залежить в більшості випадків, як правило, від:

- 1) механічних та фізико-хімічних властивостей основного і зварювальних матеріалів;
- 2) зварювального обладнання;
- 3) конструктивних факторів (концентратори напружень);
- 4) технології виготовлення виробу (включаючи режими зварювання, термообробки і т.п.).

Методика ЛТПІ – 4 для визначення схильності металу шва до утворення гарячих і холодних тріщин при зварюванні.

В основу методики випробувань положена гіпотеза Н. Прохорова про міжкристалічну міцність сплавів при зварюванні.

Згідно цієї гіпотези гарячі тріщини утворюються в температурному інтервалі крихкості (ТІК) сплаву, який зварюється. При цьому ймовірність їх утворення визначається співвідношенням ТІК, значенням похідної від деформації по температурі (швидкість збільшення деформацій по мірі зменшення температури) і пластичністю сплаву в температурному інтервалі крихкості.

Так як при зварюванні металів поле напружень являється взаємно врівноваженим, задача міцності тут вирішується в деформаціях, шляхом співставлення пластичності металу різних температур з деформаціями, які виникають в зоні термічного впливу при зварюванні.

Утворення гарячих тріщин в процесі зварювання є результат визначеної взаємної залежності між пружно-пластичними деформаціями і властивостями металу при відповідних температурах.

Тобто, для визначення пластичних властивостей металу в ТІК в процесі зварювання необхідно мати можливість зварити метал при



різних пружнопластичних деформаціях. Здатність металу сприймати більшу чи меншу пружнопластичну деформацію в процесі зварювання без руйнування являється показником його міцності.

Для зміни пружнопластинчої деформації при випробуванні даного металу запропонована наступна методика випробувань (схильності до утворення гарячих тріщин).

Ширина дослідного зразка незначна. При накладанні зварного шва це обумовлює його мінімальну внутрішню пружнопластичну деформацію. Оскільки зразок досліджують в вільному стані, та в умовах прикладення до нього зовнішніх сил. Зовнішні сили деформують зразок в процесі зварювання з постійною швидкістю, причому швидкість деформації в окремих випадках може бути змінена шляхом зміни швидкості переміщення головок машини, що розтягують зразок.

Перша складова внутрішньої деформації обумовлена жорсткістю зразка, залежить від теплофізичних властивостей, дослідного металу, тобто від температурного коефіцієнту лінійного розширення і температуропровідності. Значення цих параметрів враховується в залежності від

їхнього впливу на внутрішню деформацію при зварюванні. Друга складова деформації обумовлена переміщенням головок машини, в цій методиці відображається вплив різних технологічних факторів, які визначають деформацію при зварюванні.

Важливим із цих факторів є навколишня температура, джерело тепла, погонна енергія, жорсткість конструкції, послідовність зварювання. Таким чином, швидкість деформації в температурному проміжку крихкості являється узагальненим фактором, еквівалентним впливу різних технологічних і конструктивних факторів.

Дослідження ведуть в наступному порядку. Із сталі однієї марки виготовляють декілька зразків. Перший зразок зварюють при деякому середньому значенні швидкості деформації, після чого його досліджують і встановлюють наявність або відсутність тріщин. При відсутності тріщин швидкість збільшують; при наявності тріщин наступний зразок досліджують при меншій швидкості.

Таким чином, встановлюють граничне значення швидкості, яка являється для даної сталі критичною. Перевищення цієї швидкості

приводить до утворення тріщин; при більш низьких значеннях тріщини не виникають (рисунок 3).

Машина ЛТП 2-5 застосовується для дослідження тонколистових простих, круглих або восьмигранних зразків з стиковим швом, жорстко закріплених по контуру, з постійнотривалою дією розподіленого навантаження. Дослідження дозволяють визначити опір різних зон зварного з'єднання до утворення поздовжніх і поперечних холодних тріщин.

Машина ЛТП 2-3 застосовується для дослідження таврових стикових зразків товщиною 6-20 мм кутовим зварним швом з постійнотривалою дією навантаження по схемі консольного згину (рисунок 6).

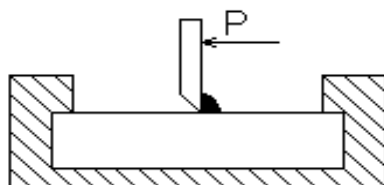


Рисунок 6 – Схематичне зображення випробування зварних з'єднань на схильність до утворення холодних тріщин по методиці МВТУ

Випробування здійснюються шляхом прикладання статичного навантаження до зварних конструкцій у вигляді тавру на протязі тривалого часу, в конкретному випадку може викликати появу тріщин. Критерій якості зразка є відсутність тріщин в зварному з'єднанні при прикладеному навантаженні на протязі часу (від 24 до 72 год.).

Дослідження дозволяють визначити опір різних зон зварних з'єднань до утворення поздовжніх холодних тріщин.

Машина ЛТП 2-3 має п'ять однакових секцій для одночасного дослідження серії зразків при різних навантаженнях. Вона виготовлена в МВТУ ім. Н.Е. Баумана і ЦНІТМАШІ.

## **4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

1. Перед виконанням роботи потрібно вивчити теоретичний матеріал.

2. Розглянути, вивчити і зарисувати основні зразки випробувань зварних з'єднань.

3. Зробити контроль якості зварних з'єднань зразків зовнішнім оглядом, занотувати висновки.

## **5 ЗМІСТ ЗВІТУ**

1. Тема, мета роботи.
2. Необхідні положення з теоретичних відомостей.
3. Програма і порядок виконання роботи.
4. Контрольні питання.
5. Перелік посилань.
6. Результати роботи. Ескізи зразків для випробувань. Характеристика дефектів.
7. Висновки про механічні властивості і технічну якість зварних з'єднань.

## **6 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Види механічних випробувань.
2. Технологічна міцність. Від чого залежить технологічна міцність?
3. Для чого використовують металографію?
4. Методика і обладнання для визначення оцінки схильності до утворення гарячих і холодних тріщин.
5. Обґрунтування необхідності використання руйнуючих методів контролю зварних з'єднань.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование. – М.: Высшая школа, 1990. -446 с. – 50 прим.
2. Жуковец И.И. Механические испытания металлов.- Изд. 2-е.-М.: Высшая школа,1986 .-200 с.
3. Моцохин С.Б. Контроль качества сварных соединений и конструкций. –М.: Стройиздат, 1985. – 232с. -1 прим.
4. Волченко В.Н. Контроль качества сварных конструкций. – М.: Машиностроение, 1986. - 152с. – 1 прим.
5. Назаров С.Т. Методи контролю якості зварних швів – М.: Машиностроение, 1964.-228с.
6. Шоршоров М.Х., Чернышова Т.А., Красовський А.И. Испытание металов на свариваемость. М.: Металлургия, 1972, с. 11-36.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3**

**ТЕМА:** Ультразвуковий контроль якості зварних з'єднань ехо-методом

**МЕТА:** Ознайомитись з ультразвуковим контролем ехо-методом, одержати практичні знання проведення контролю зварних з'єднань

### **3 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ**

Сучасні ультразвукові дефектоскопи використовуються для контролю якості зварних з'єднань, литих та кованих виробів.

Методика виконання ультразвукового контролю зварних з'єднань обумовлюється їх типом, і розмірами. Для контролю якості стикових швів найбільш задовільний метод базується на прозвучуванні наплавленого металу імпульсами ультразвукових коливань і реєстрації відображених імпульсів, які виникають при наявності дефектів, в контрольованому зварному шві. При виконанні контролю якості зварних з'єднань слід забезпечувати прозвучування всього перерізу шва і біля шовної зони. Для цього необхідно забезпечити надійний акустичний контакт між. Шукачем та виробом.

В процесі переміщення шукача вздовж шва необхідно виконувати обертаючий рух його на кут 10... 15° від положення, при якому вісь променя перпендикулярна до поздовжньої осі шва. Підсилення шва не дозволяє вводити ультразвукову

енергію безпосередньо в наплавлений метал, так як між нерівною і не площинною поверхнею підсилення і шукачем практично неможливо досягнути задовільного акустичного контакту. Тому прозвучування наплавленого металу виконується шляхом введення коливань через основний метал. Шукач в цьому випадку встановлюється біля шва (контроль прямим променем). Кут вводу променя необхідно вибирати таким, щоб при розташуванні шукача на мінімально можливій відстані від шару наплавленого металу вісь променя перетинала вісь шва на глибині  $0,5 \delta$  (рис. 3.1, а). В цьому випадку при переміщенні шукача на відстані  $L_{\max}$  можливо було прозвучити нижню частину шва.

Решту частину можна прозвучити відбитим від протилежної поверхні променем при переміщенні шукача на відстань від  $L_{\min}$  до  $L_{\max}$  (рис 3.1, б), або прямим променем при розташуванні шукача, на протилежній поверхні з'єднання (при наявності відповідних умов.

$L_{\min}$  та  $L_{\max}$  визначається за залежностями (3.1) та (3.2).

$$L_{\min} = a, \quad 3.1$$



$$L_{\max} = \delta \cdot \operatorname{tg} \alpha ,$$

3.2

де  $a$  - відстань від вводу променя до передньої грані шукача;  $\delta$  - товщина зразка;  $\alpha$  - кут вводу.

Для того, щоб вибрати кут введення УЗК необхідно виконати наступні рекомендації:

а) чим менша товщина основного металу, тим більший кут введення, необхідний для контролю шва;

б) кут введення не повинен перевищувати  $70^\circ$  із за появи поверхневих (небажаних) хвиль.

При контролі стикових швів попередньо розраховується проходжень променя по всьому перерізі шва. На основі цього визначаються відстані  $L_1$  та  $L_2$  (рис. 3.3), лініями відмічають зону переміщення шукача. Поверхню слід зачистити від забруднень. Крок переміщення шукача 2...4 мм. Необхідно постійно контролювати щільність прилягання шукача до поверхні основного металу. З метою виявлення дефектів, просторово орієнтованих у шві, прозвучування бажано вести з обох сторін підсилення шва.

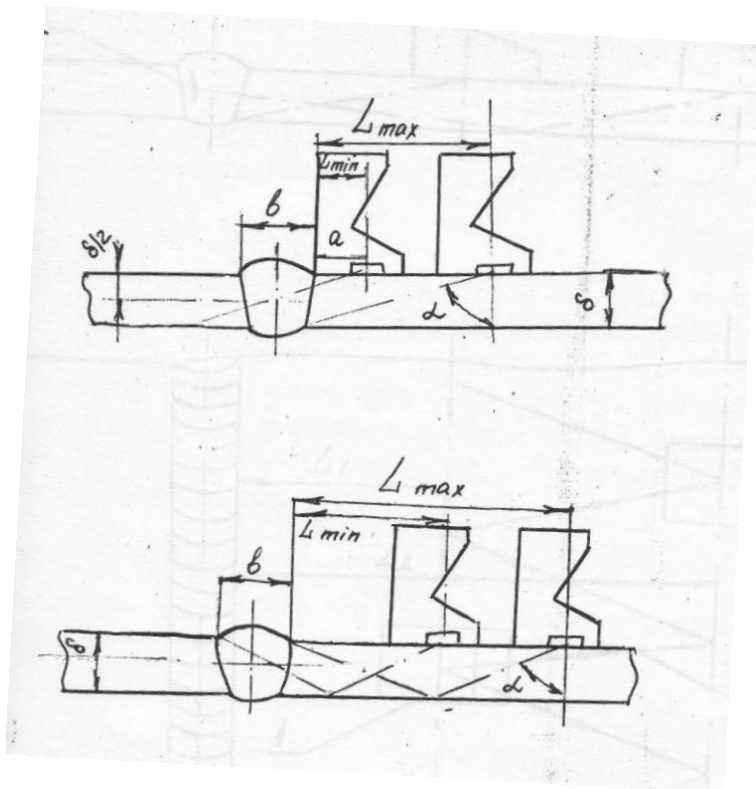
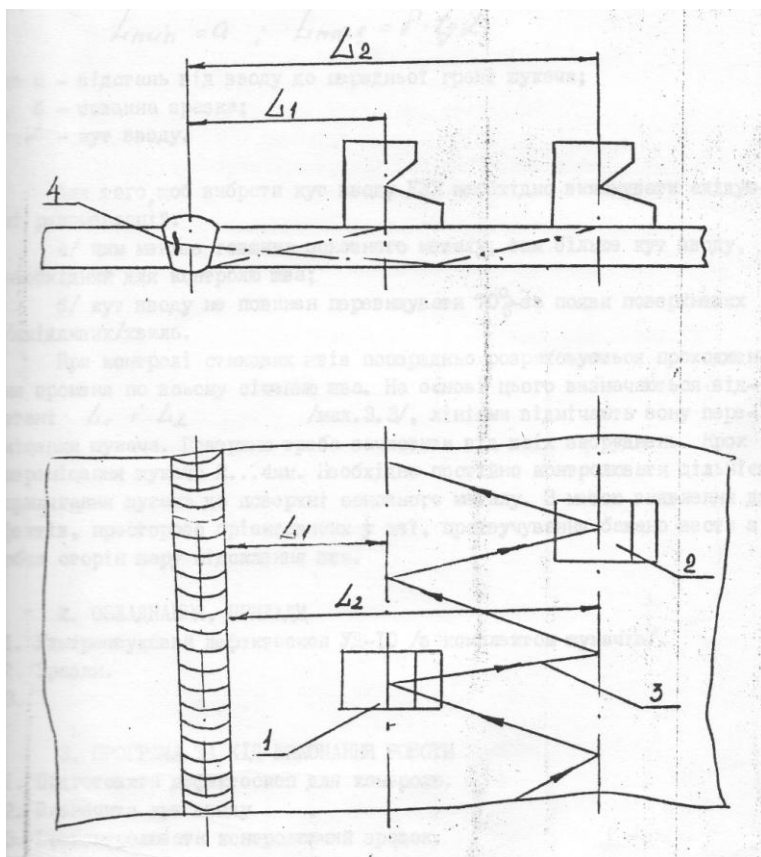


Рисунок 3.1 – Схематичне зображення ультразвукового контролю стикових швів, прямим променем (а) та відбитим променем (б)



1, 2 – положення щупа; траєкторія руху щупа;  
дефект шва

Рисунок 3.2 – Схематичне зображення  
переміщення щупа при контролі якості зварного  
з'єднання

## **4 ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ**

4.1 Ультразвуковий дефектоскоп УД-10 (з комплектом шукачів);

4.2 Набір зразків;

4.3 Контактна рідина.

## **5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

5.1 Підготувати дефектоскоп до контролю.

5.2 Визначити кут введення променів.

5.3 Обрахувати та нанести на поверхню дослідних зразків зону переміщення шукача.

5.4 Провести контроль якості дослідних зразків.

## **6 ЗМІСТ ЗВІТУ**

6.1 Тема та мета роботи.

6.2 Короткі теоретичні відомості.

6.3 Порядок виконання роботи.

6.4 Зарисувати рисунки.

6.5 Оформити звіт про виконання лабораторної роботи (зарисувати схеми зварних з'єднань з нанесенням на них існуючих дефектів).

6.6 Висновки до роботи.

## **7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

7.1 Назвіть області використання ультразвукового контролю.

7.2 Намалюйте схему контролю зварного з'єднання.

7.3 Як вибрати кут введення ультразвукових коливань.

7.4 Як розрахувати зону переміщення шукача.

7.5 Яким чином може бути прозвучене весь поперечний переріз зварного з'єднання.

7.6 Поясніть схему контролю якості стикових зварних з'єднань.

7.7 З якою метою використовують контроль відбитим променем.

## **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Неразрушающий контроль качества сварных конструкций. /Под ред. В. А. Троицкого.- К.: 1986. - 256с.
2. Контроль качества сварки/Под ред. В. Н. Волченко,- М.: 1986. - 152с.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4**

**ТЕМА:** Магнітопорошковий метод контролю зварних з'єднань

**МЕТА:** Ознайомлення з фізичними основами методу, апаратурою і методикою виявлення внутрішніх дефектів зварного з'єднання за допомогою магнітопорошкового методу контролю.

### **3. КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ**

Магнітний метод контролю зварних з'єднань належить до фізичних методів, що дозволяє перевірити якість сталей (феромагнітних) виробів без її руйнування.

Цей метод ґрунтується на використанні явища виникнення на поверхні деталі в місцях, де знаходяться дефекти (тріщини, раковини, пори, неметалічні включення та ін.) магнітного поля розсіювання при проходженні через деталь магнітного потоку. Утворення поля розсіювання відбувається в зв'язку з різкою зміною магнітної проникності в місцях наявності дефектів.

Магнітний потік, розповсюджуючись по виробу і зустрічаючи на своєму шляху дефект, обгинає його внаслідок того, що магнітна проникність дефекту значно нижча (приблизно в 1000 разів) магнітної проникності основного металу.

Якщо контролюючі частини зварного шва однорідні, то магнітні силові лінії рівномірно розподіляються по перерізу ( мал.2.1 а). Якщо ж в них є внутрішні дефекти, то магнітні силові лінії в металі змінюються, огинають дефекти і частина їх виходить в зовнішнє середовище, утворюючи місцеве магнітне поле розсіювання ( мал.2.1 б).

Суть магнітопорошкового методу полягає в тому, що на поверхню намагнічуваної деталі наносять феромагнітний порошок у вигляді суміші з гасом, маслом, мильним розчином „ мокрий ” метод або у вигляді магнітного аерозолю „ сухий ” метод. Під дією втягуючої сили магнітних полів розсіювання частинки порошку перемішуються на поверхні деталі і скупчуються у вигляді валиків над дефектами. Форма цих скупчень відповідає обрисам виявлених дефектів.

Намагнічування зварювальних виробів можна виконувати за допомогою постійного або змінного струмів.

Магнітним методом контролюються тільки феромагнітні матеріали. Для встановлення магнітного поля у виробі використовують найрізноманітніші способи: постійним магнітом, електромагнітом і соленоїдом (полюсне намагнічування), пропускання струму через виріб (циркулярне намагнічування), комбінацією полюсного і циркулярного намагнічування (гвинтове намагнічування), паралельне намагнічування.



Величина струму, що потрібна для циркулярного намагнічування при порошковому магнітному контролі, може бути визначена за такими формулами:

а) для циліндричної деталі (1):

$$I = \frac{H \cdot D}{320}; \quad (1)$$

де  $I$  - сила струму намагнічування, А;  $D$  - діаметр деталі, мм;  $H$  - напруженість поля деталі, А/м;

б) для кільцевих виробів при намагнічуванні шляхом намотки кабеля соленоїда (2):

$$I = \frac{H \cdot D}{320 \cdot n}; \quad (2)$$

де  $n$  - число витків;

в) для пластин (3):

$$I = 0,02 \cdot H \cdot b; \quad (3)$$

де  $b$  – товщина пластини або діаметру круга, площа якого дорівнює площі поперечного перерізу профільного виробу (тавра, кутника і т.п.), мм.

Величина  $H$  вибирається для випадку контролю на залишковій намагніченості. Для більшості конструкторських сталей вона дорівнює 8-16 тис А/м, а для сталі Сталі 45 –  $H = 3200$  А/м.

Вибір способу намагнічування можна здійснити виходячи з очікуючого напрямку розповсюдження дефекту.

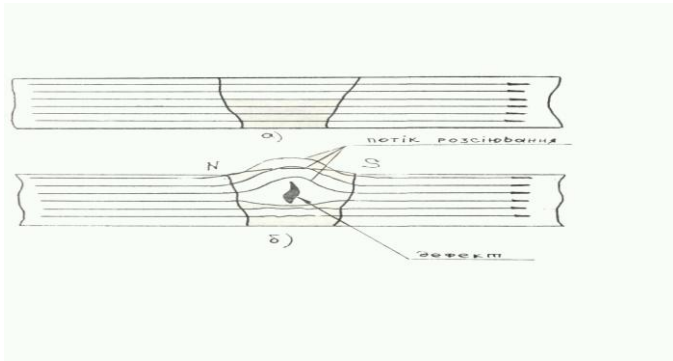


Рисунок 2.1 – Розташування магнітного потоку по перерізу якісного (а) і дефектного (б) зварного з'єднання

Вектор напруженості магнітного поля повинен бути направлений під кутом, близьким до  $90^\circ$ , до площини дефекту. При цьому досягається найбільш висока чутливість методу. Для вивчення більш глибокого розміщення дефектів намагнічування потрібно здійснювати змінним струмом. Якщо розміщення дефекту невідоме, то потрібно здійснювати або багаторазове намагнічування в різних напрямках, або гвинтове намагнічування. Найбільш розповсюдженими магнітопорошкові дефектоскопії є оксиди заліза-магнетиту  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Fe}_3\text{O}_4$  і (рідше) феромагнітного оксиду заліза  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . в якості матеріалу для виготовлення порошку в основному використовують дрібномелений закис – оксид заліза. Деколи використовують чисту залізну окалину, що одержують при куванні і прокатуванні, а також сталні стружки, що утворилися при шліфуванні сталних виробів.

Частинки магнітного порошка повинні мати розмір 5...10 мкм. Існують магнітні порошки червоного, сірого і чорного кольорів.

Для деталей з блискучою світлою поверхнею використовують в основному порошок магнетиту чорного кольору. При контролі деталей з чорною поверхнею використовують кольорові ( частіше цегельно-червоного кольору ) магнітолюміноскентні порошки. Магнітний порошок наносять на контролюючий виріб двома способами – сухим і мокрим. В першому випадку в

якості індикатора використовують сухий магнітний порошок, в другому – розчинмагнітного порошку в дисперсному середовищі ( вода, масло, гас або їх суміші).

В якості рідини для магнітної суспензії використовується масло ( трансформаторне, веретенне, тощо), гас, спирт, вода. Найчастіше використовується трансформаторне масло і гас. На кожний літр масляної магнітної суспензії береться 200...250 грам магнітного порошку.

При контролі сухим методом порошок наносять на випробувану поверхню за допомогою ручних сит, пульверизаторів, пістолетів і т.п. цей метод найбільш широко використовується при контролі горизонтальних поверхонь.

Перед нанесення магнітного порошку поверхню деталі зачищують від шлаку, бруду, окалини.

Контроль методів суспензії може здійснюватись одним із слідуючих способів:

- а) занурення намагніченої деталі в суспензію;
- б) поливання деталі суспензією;
- в) обризкування деталі суспензією, що знаходиться під тиском;
- г) використанням замкнутого посуду з суспензією.

Чутливість магнітопорошкового методу залежить від розміру частинок і його магнітних властивостей; напруженості прикладеного намагнічуючого поля або індукції матеріалів контролюючого виробу; форми і величини дефектів, а також їх розташування по відношенню до поверхні виробу і напрямку намагнічування; стану форми поверхні контролюючого виробу.

Намагнічування постійним або змінним струмом, а також „сухий” або „мокрый” методи нанесення порошку суттєво не впливають на виявлення поверхневих дефектів.

Вид струму намагнічування, а також метод нанесення порошку сильно проявляється на виявленні приповерхневих дефектів. В цьому випадку різко виявляються переваги постійного струму перед змінним. Це пояснюється тим, що густина постійного струму по всьому перерізу проведена однакова, і, як правило, магнітний потік буде однорідним по всьому перерізу досліджуваного виробу при намагнічуванні постійним струмом досліджуваного виробу. При намагнічуванні змінним струмом через так званий скін-ефект (поверхневий ефект) густина струму, а отже, і густина магнітного потоку буде більша в поверхні намагнічуваного виробу.

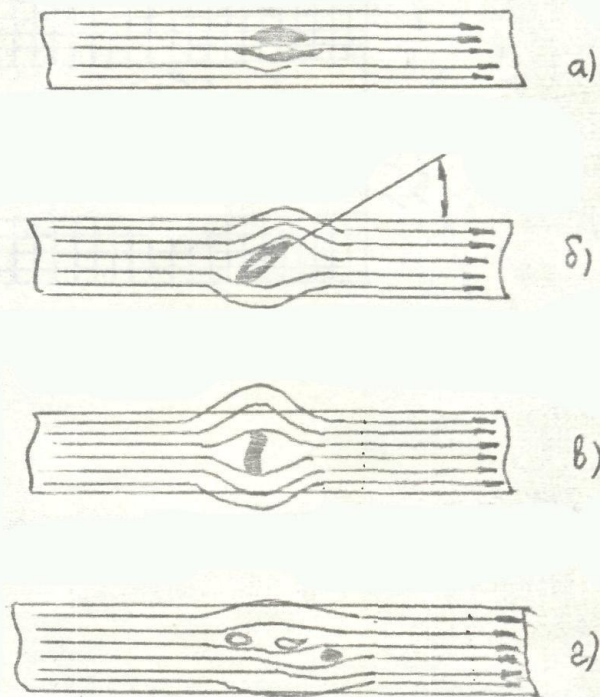
Переваги магнітного поля розсіювання, що утворюються над дефектами, має великий вплив на чутливість методу. Чим інтенсивніше поле розсіювання, тим яскравіший малюнок порошку,

що осів. Напруженість магнітного поля розсіювання залежить від таких факторів:

а) напруженості намагнічуючого поля. Чим більша напруженість магнітного поля, яким намагнічуються деталі, тим сильніше поле розсіювання, що утворюються над дефектами;

б) розміщення дефекту деталі по відношенню до силових ліній намагнічуючого поля. Якщо дефект розташований вздовж силових ліній поля (рис.2.2 а), то магнітне поле розсіювання зовсім не утворюється. Виникає поле розсіювання тільки тоді, коли кут між напрямом дефекту і силовими лініями більший  $20-30^{\circ}$  (рис.2.2 б). Найсильніше поле розсіювання отримується в тому випадку, коли дефект розміщений перпендикулярно до силових ліній поля (рис.2.2 в);

в) характеру дефекту, його форми, величини і глибини залягання. Чим глибше залягає дефект, тим слабше поле розсіювання. Коли дефект виходить на поверхню деталі і має значно більшу глибину порівняно з шириною, то одержується сильне поле розсіювання. Над дефектами округленої форми (рис.2.2 г) утворюються слабкі поля розсіювання.



**Рис. 2.2.** Схема утворення магнітних полів розсіювання над різними дефектами:

- а/ дефект розположений вздовж силових ліній поля;
- б/ дефект розположений під кутом  $20-30^\circ$  к силовим лініям поля;
- в/ дефект розположений перпендикулярно к силовим лініям поля;
- г/ дефекти округленої форми

При дотриманні оптимальних умов ведення контролю магнітопорошковий метод контролю має високу чутливість до тонких і дрібних тріщин. Він дозволяє виявити поверхневі і приповерхневі дефекти з розкриттям від 10 мкм і глибиною (висотою) дефекту від 50 мкм і більше. Дефекти округленої форми (наприклад пори) виявляються гірше.

Методом магнітопорошкового контролю виявляються поверхневі і приповерхневі дефекти типу тріщин, непроварів, несплавлень, включень. Можуть також виявлятися порівняно великі і внутрішні дефекти, розміщені на глибині до 6м від поверхні контролюючого виробу. Найбільш чітко виявляються дефекти, найбільший розмір орієнтований під прямим (рис.2.2 в) або близьким до нього кутом відносно напрямку магнітного потоку.

## **6. ЗМІСТ ЗВІТУ**

6.1 Назва і мета роботи.

6.2 Короткий опис фізичної суті даного методу контролю.

6.3 Способи намагнічування деталей.



6.4 Особливості і характер розташування дефектів.

6.5 Від яких факторів залежить напруженість магнітного поля розсіювання?

6.6 Які дефекти виявляються методом магнітопорошкового контролю.

## **7. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

7.1 В чому полягає фізична суть магнітопорошкового методу контролю?

7.2 Причина утворення магнітного поля розсіювання.

7.3 Що являє собою „сухий” і „мокрий” методи контролю?

7.4 Галузі застосування магнітопорошкового методу контролю.

7.5 Від чого залежить напруженість магнітного поля розсіювання?

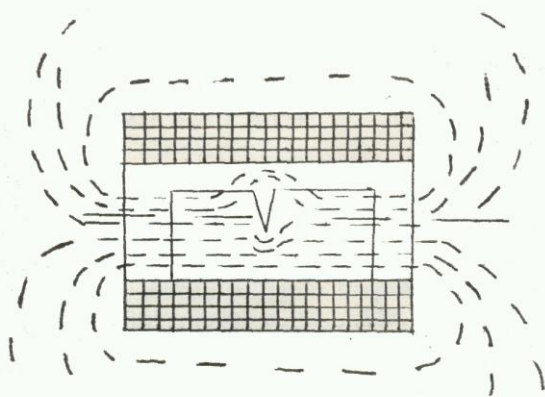
## ЛІТЕРАТУРА

1. Волченко В.Н. Контроль качества сварки. – М.: Машиностроение, 1986. - 152с. – 1 прим.

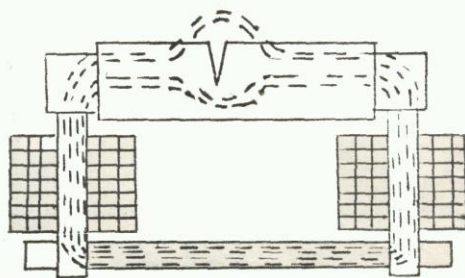
2. Моцохин С.Б. Контроль качества сварных соединений и конструкций. – М.: Стройиздат, 1985. – 232с. -1 прим.

3. Сварка в машиностроении. Справочник т.4  
// Под ред. Зорина Ю. Н. М.: ”Машиностроение”,  
1979, 428 с.

2. Румянцев С. В., Добромывсов Б. А., Борисов  
О. И., Азаров Н.Т. Неразрушающие методы  
контроля сварных соединений. М.:  
”Машиностроение”, 1979, 187 с.



**Рис. 5.1.** Схема намагнічування виробу в полі котушки



**Рис. 5.2.** Схема намагнічування виробу в полі електромагніта

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

ТЕМА: Контроль якості полімерного покриття трубопроводів

МЕТА: Вивчити основні принципи контролю нещільностей полімерних (в тому числі бітумних і епоксидних) покриттів магістральних трубопроводів

### 2 КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Щорічно на виготовлення труб витрачається біля 10% світового виробництва сталі. Враховуючи вимоги експлуатації магістральних трубопроводів робочий тиск яких може бути до 10 МПа, агресивність – нафто – газопродуктів, а також фактори навколишнього середовища, різноманітні кліматичні умови, вплив ґрунтових вод вимагає використовувати спеціальні антикорозійні заходи. Зокрема на їх зовнішню поверхню, наносять ізоляційні покриття. З метою виключення дефектів нещільності покриття у вигляді локальних наскрізних проколів, які можуть викликати інтенсивні корозійні процеси в цих зонах, здійснюється контроль якості нанесених ізоляційних шарів трубопроводів.

Методи такого контролю в основному засновані на явищі електричного пробою повітряних проміжків між електродом - щупом, який контактує з поверхнею ізоляційного покриття

і підключений до одного полюсу джерела високої напруги (3-30 КВт) і стінкою трубопроводу, підключеної до другого полюсу безпосередньо, або через землю, (грунт) за допомогою заземлювача.

Промисловістю розроблено та ефективно експлуатуються ціла низка дефектоскопів даного типу.

Дефектоскоп іскровий ДИ-64 призначений для виробничого контролю суцільності ізоляційних покриттів міських та магістральних металевих трубопроводів будь-яких діаметрів при будівництві методом безперервного опускання на дно траншеї, а також на поверхню землі.

Іскровий дефектоскоп ДЭП-1 призначений для виробничого контролю суцільності емалевих та плівкових ізоляційних покриттів металевих трубопроводів будь-яких діаметрів в цеху та польових умовах при суміщеному способі ізоляції і опусканні в траншею, а також трубопроводів покладених на дно траншеї та на поверхні землі. Застосовується при температурі навколишнього повітря від -30 до 50 С при відносній вологості до 95 % при 25 С.

Закінчені ділянки трубопроводу перед прийманням перевіряють на суцільність ізоляційного покриття методом катодної поляризації.

При зимовому монтажі трубопроводів в траншею і його засипання мерзлим ґрунтом, ізоляцію перевіряють методом катодної поляризації

після повного відтаювання прилягаючого до трубопроводу ґрунту.

Основною умовою захисту трубопроводу від корозії є збереження механічної суцільності ізоляційного покриття. Порушення суцільності покриття може відбутись в результаті механічних пошкоджень ізоляції в процесі будівництва або під час експлуатації в наслідок не дотримування будівельних норм та правил або в процесі не порушення технологічних режимів перекачування.

Наступним поколінням дефектоскопів є ЭД-4 і ЛДК-1, які призначені для контролю суцільності ізоляційних покриттів на металевій основі без їх руйнування.

На рисунку 1, 2 показано загальний вигляд дефектоскопу “Крона-1рМ” та схему проведення дефектоскопії. Даний дефектоскоп призначений для контролю суцільності полімерних, епоксидних та бітумних ізоляційних покриттів магістральних трубопроводів при їх будівництві. Дефектоскоп дозволяє здійснювати суцільний контроль полімерних та епоксидних покриттів трубопроводів діаметром від 219 до 1420 мм та вибірковий контроль полімерних, епоксидних та бітумних покриттів будь-якого діаметру.



Рисунок 1 - Загальний вигляд дефектоскопу “Крона-1рМ”

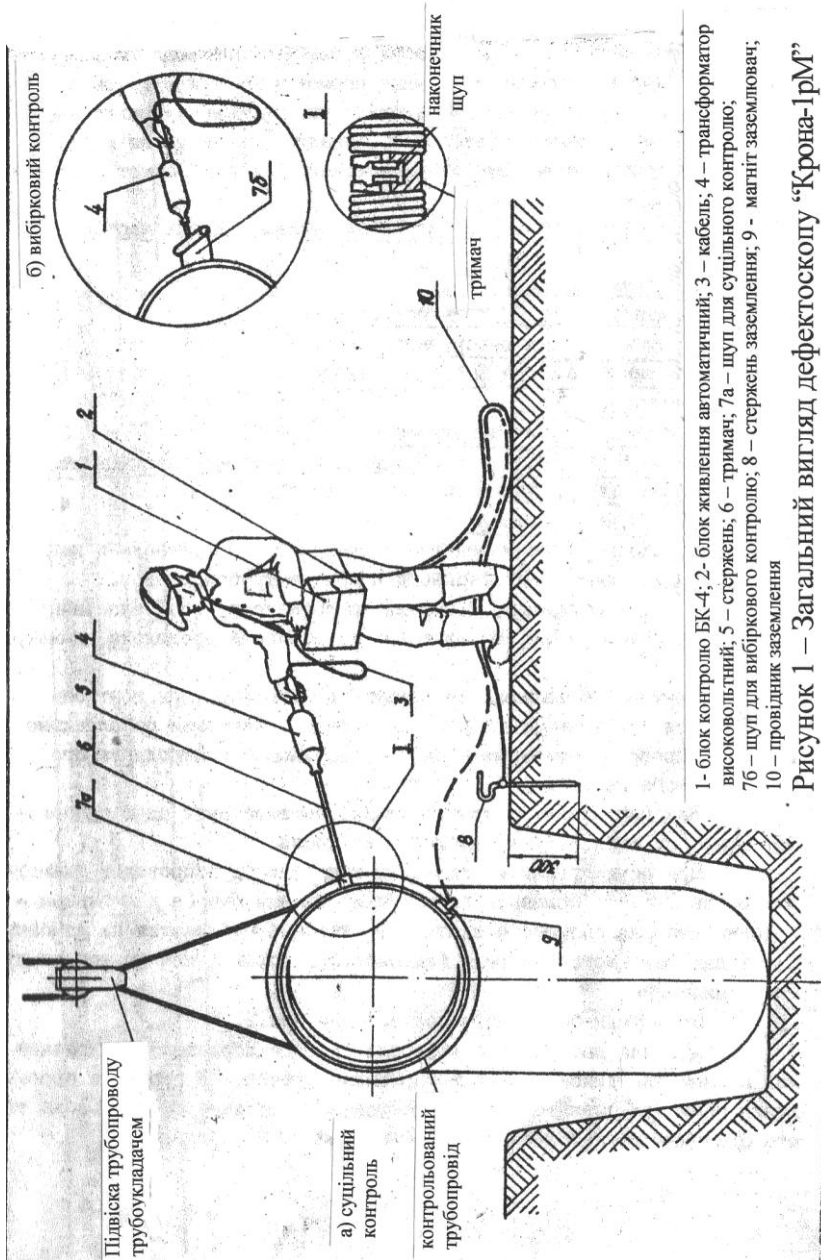
Технічна характеристика дефектоскопа Крона-1РМ показана в таблиці 1.

Таблиця 1 - Технічна характеристика дефектоскопа Крона-1РМ

Товщина контрольованих покриттів дефектоскопом Крона-1РМ	0,35 ... 9 мм
Діаметр контрольованих трубопроводів дефектоскопом	219 ... 1420 мм
Живлення дефектоскопа: від мережі змінного струму частотою 50Гц від акумуляторних батарей	220 В 12 В
Час безперервної роботи дефектоскопа від акумуляторних батарей	8 ч
Габаритні розміри дефектоскопа Крона-1РМ: блоку контролю блоку автоматичного живлення	215х285х115 мм 150х140х90 мм
Вага дефектоскопа: блоку контролю блоку автоматичного живлення	2,5 кг 2,3 кг
Температура оточуючого повітря	-30 ... +50 °С

Величина напруги між щупом і трубопроводом встановлюється такою, щоб з одного боку забезпечувався електричний пробій повітряних-проміжків в місці порушення щільності захисного покриття, а з другого боку виключався електричний пробій цього покриття.





Робота дефектоскопа здійснюється наступним чином. При підключенні блоку живлення 2 (рис 3) до електричного ланцюга дефектоскопа запускається генератор 1 генеруються імпульси напруги частотою 30-35 Гц, які поступають на керуючий електрод тиристора перетворювача напруги 4. Створювана перетворювачем імпульсна напруга надходить до первинної обмотки високовольтного трансформатора 10. Напруга отримана на вторинній високовольтній обмотці, через щуп 13 підводиться до ізоляційного покриття трубопроводу 14. Другий вивід високовольтної обмотки приєднується до заземлення 12 і через нього підключається до трубопроводу безпосередньо (з допомогою магніту) або через землю (при допомозі стержня).

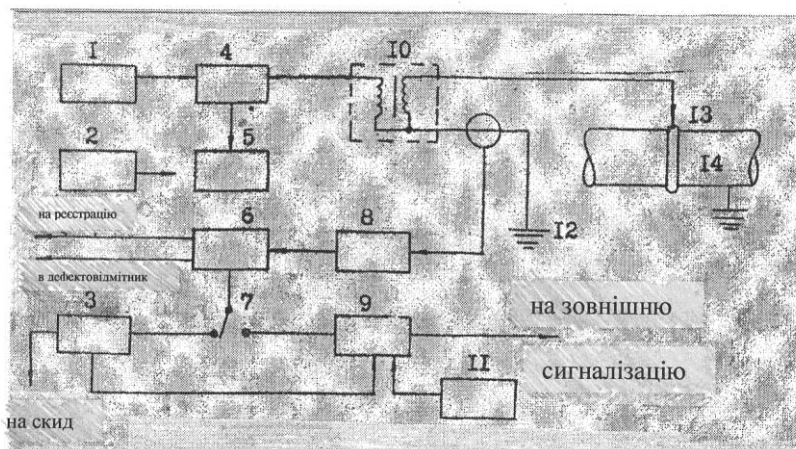


Рисунок 2 – Функціональна схема дефектоскопу

### 3 ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ, МАТЕРІАЛИ

- 1 Дефектоскоп “Крона-1pM”;
- 2 Комплект трубний зразків з нанесеним ізоляційним покриттям.

### 4 ПРОГРАМА І ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

- 1 Вивчити будову, призначення, технічну характеристику і принцип роботи дефектоскопу “Крона-1pM”.
- 2 Вивчити розділи інструкції (див. технічний паспорт на прилад), які стосуються підготовки приладу до роботи та порядку роботи, а також заходи техніки безпеки.
- 3 Підготувати прилад до роботи.
- 4 Провести контроль якості покриття трьох трубних зразків.
- 5 Визначити дефекти нещільності трубних зразків.
- 6 Занести у звіт необхідні висновки про якість покриття трубних зразків.

### 5 ЗМІСТ ЗВІТУ

- 1 Тема, мета роботи;
- 2 Необхідні теоретичні відомості;
- 3 Програма і порядок виконання роботи;
- 4 Функціональна схема роботи дефектоскопа;

5 Висновки за результатами роботи.

## 6 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1 Призначення захисного ізоляційного покриття трубопроводів.

2 Принцип дії дефектоскопу “Крона-1рМ”.

3 При яких діаметрах трубопроводів можна здійснювати контроль якості нанесеного полімерного покриття.

4 При якій напрузі проводиться дефектоскопія ізоляційного покриття трубопроводів.

5 Яка мета контролю якості захисного покриття трубопроводів.

## 7 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

7.1 Контроль качества сварки / Под ред. В. Н. Волченко,- М.: 1986. - 152с.

7.2 Неразрушающий контроль качества сварных конструкций. / Под ред. В. А. Троицкого.- К.: 1986. - 256с.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6**

**Тема:** Контроль нещільності зварних з'єднань

**Мета:** Вивчити методи контролю нещільності зварних з'єднань на прикладі гасової проби

### **1 КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ**

Зварні шви в ряді виробів і споруд повинні відповідати вимогам непроникності (герметичності) для різних рідин і газів.

Герметичність швів зварних з'єднань контролюють для виявлення наскрізних дефектів, наявність яких, крім втрати продуктів зберігання понижує міцність і прискорює корозію зварної конструкції. Герметичність з'єднань і виробів перевіряють випробувальними рідинами (водою, гасом, кольоровими і люмінісцентними пенетрантами) і газами (повітрям, аміаком, гелієм, аргоном, вуглекислим газом, парами фреону).

Щоб виявити дефекти зварних з'єднань труб, посудин та інших замкнутих систем, які працюють під тиском, застосовують гідравлічні випробування. Суть їх полягає в тому, що у виріб подають воду під великим тиском і після певного часу витримування контролюють наявність течії. Випробування проводять на гідравлічних пресах,

котрі дозволяють створювати тиск 2-15 МПа. Діаметр виявлених дефектів такими методами до 0,001 мм.

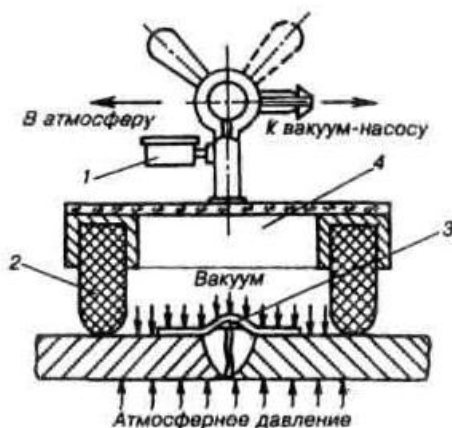
Контроль резервуарів проводять наливанням води, місця течі виявляють після витримування виробу 0,5-24 год. Виявляють дефекти до 0,5 мм.

Контроль аміаком заснований на зміні забарвлення деяких індикаторів (розчин фенолфталеїну, азотнокислої ртуті) під впливом лугів. В якості контролюючого реагенту застосовується газ аміак. При випробуванні на одну сторону шва вкладають паперову стрічку, змочену 5 % розчином індикатора, а з іншого боку шов обробляють сумішшю аміаку з повітрям. Аміак, проникаючи через нещільності зварного шва, забарвлює індикатор в місцях залягання дефектів.

Контроль повітряним тиском (стиснутим повітрям або іншими газами) піддають трубопроводи, що працюють під тиском, а також резервуари, цистерни тощо.

Вакуумному контролю піддають зварні шви, які неможливо випробувати гасом, повітрям або водою і доступ до яких можливий тільки з одного боку. Його широко застосовують при перевірці зварних швів днищ резервуарів, газгольдерів та інших листових конструкцій. Суть методу полягає

у створенні вакууму на одній стороні контрольованої ділянки зварного шва та реєстрації на цій же стороні шва проникнення повітря через наявні нещільності. Контроль ведеться за допомогою переносної вакуум-камери (рисунок 1), яку встановлюють на більш доступній стороні зварного з'єднання. Контрольовану поверхню попередньо змочують мильним розчином.



1 - вакуумметр, 2 - гумове ущільнення, 3 - мильний розчин, 4 – камера

Рисунок 1 – Схематичне зображення вакуумного контролю шва

Люмінесцентний контроль і контроль методом фарб, званий також капілярною дефектоскопією, проводять за допомогою спеціальних рідин, які наносять на контрольовану поверхню виробу. Ці рідини, що володіють великою змочуваною здатністю, проникають в найдрібніші поверхневі дефекти - тріщини, пори, непровари. Люмінесцентний контроль заснований на властивості деяких речовин світитися під дією ультрафіолетового опромінення. Перед контролем поверхні шва і біляшовної зони очищають від шлаку і забруднень, на них наносять шар проникаючої рідини, яка потім видаляється, а виріб просушується. Для виявлення дефектів поверхню опромінюють ультрафіолетовим випромінюванням - в місцях дефектів сліди рідини виявляються за світінням.

Контроль методом фарб полягає в тому, що на очищену поверхню зварного з'єднання наноситься змочувана рідина темного кольору, яка під дією капілярних сил проникає в порожнину дефектів. Після її видалення на поверхню шва наноситься біла фарба. Крізь шар білої фарби на поверхню досліджуваного виробу проникають сліди темної фарби розміщеної в порожнинах дефектів



позначаючи тим самим місця розташування дефектів.

Контроль течешуканням застосовують для випробування відповідальних зварних конструкцій, оскільки течешукачі досить складні й дорого коштують. В якості газу-індикатора в них використовується гелій або радіоактивний газ родон. Маючи високу проникаючу здатність, газ здатний проходити через дрібні несутцільності в металі і реєструється шукачем.

Широке застосування отримав спосіб контролю герметичності зварних з'єднань гасом. При цьому методі контролю, на відміну від води, не потрібно створювати великого тиску. Контрольовану поверхню достатньо тільки змочити гасом (одну із поверхонь з'єднання).

Оптимальність натягу гасу і незначна в'язкість сприяють хорошому змочуванню металу а також порівняно швидкому руху гасу під дією поверхневих і капілярних сил, як у течах, так і на відкритих поверхнях. Крім цього гас розчиняє масляні плівки, котрі закупорюють течі.

Випробовуванню гасом піддаються головним чином відкриті посудини-резервуари, цистерни та інші вироби, які використовують для зберігання рідин.

Цей спосіб заснований на високій проникливій здатності гасу через дефекти в контрольованому матеріалі.

Глибину проникнення рідини в тріщини, пори та інші дефекти матеріалу можна приблизно визначити за формулою:

$$l = \sqrt{t \cdot \frac{\sigma}{2\eta} \cdot \cos \theta}, \quad (1)$$

або

$$l = \sqrt{t \cdot \cos \theta} \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{2\eta}} \quad (2)$$

де  $l$  - відстань у метрах, яку проходить рідина по дефекту протягом часу  $t$ ;  $\sigma$  - поверхневий натяг, Н/м;  $\eta$  - в'язкість рідини, Па\*с;  $\theta$  - кут змочування, град.

Вираз  $\sqrt{\frac{\sigma}{2\eta}}$  - називають коефіцієнтом проникності.

Формула (1) дозволяє визначити також час ( $t$ ), необхідний для проникнення рідини через дефекти на глибину ( $l$ ).

В таблиці 1 - Приведено значення поверхневого натягу, в'язкості, коефіцієнту проникності та кута змочування для деяких рідин.

Таблиця 1 - Фізичні властивості деяких рідин

Рідина	В'язкість, Па*с	Поверхневий натяг мН/м	Коефіцієнт проникності , м/с	Кут змочування град.
Вода	0,1006	73,8	0,59	6
Етиловий спирт	0,1192	22,0	0,30	0
Бензин	0,0649	28,9	0,47	0
Гас	0,0690	26,0	0,425	0

## 2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Перед контролем обидва боки з'єднання шириною 20-30 мм очищають від шлаку і забруднень і наносять на один бік розпилювачем тонкими рівними шарами водно-крейду суспензію. Відстань між соплом і поверхнею

з'єднання повинна бути такою, щоб суспензія досягнувши поверхні була майже сухою. Після висихання крейдяного розчину зворотній бік шва 3-5 разів змочується (оприскується) гасом за допомогою шприца. В цьому випадку в швах листових стикових з'єднань товщиною 4-9 мм наскрізні дефекти виявляються протягом від декількох секунд до 5-30 хвилин.

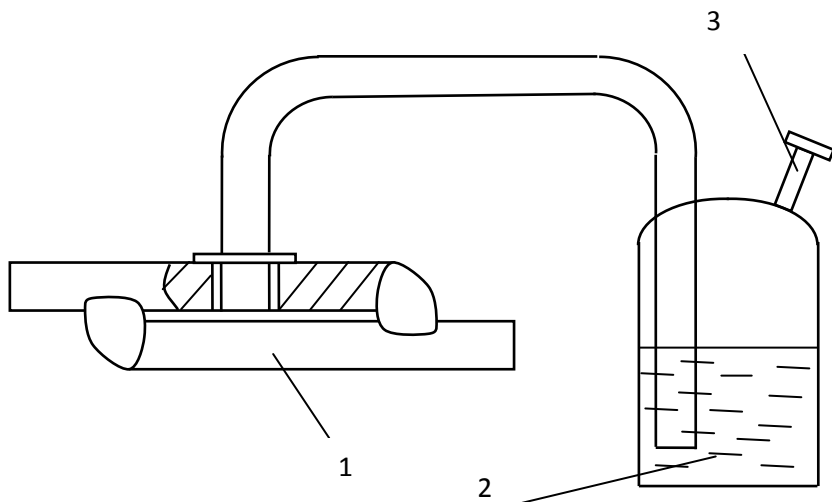
Розрахунковим методом час витримки для виявлення дефектів може бути визначений з формули 1 підставивши замість  $l$  величину товщини пластини.

Дефектні ділянки зварного з'єднання виявляють за наявністю жирних плям на крейдяній суспензії (фарбі). Плями, які з'являються в місцях течі мають найбільшу швидкість росту на протязпротягомі перших 5-15 хвилин, тому місця їх появи необхідно терміново відмічати. Виявлені дефекти вирубують і заварюють після ретельного видалення гасу.

У виробках з напустковими з'єднаннями випробовування на щільність проводять наступним чином. У виробі просвердлюють отвір, через який в напуск нагнітається під тиском гас. Контрольовані шви завчасно покривають крейдяною суспензією чи крейдяною фарбою.

Проте у зв'язку із труднощами по видаленні гасу, напусккові шви краще перевіряти на щільність за допомогою стисненого повітря.

Схема випробувань напускних з'єднань показана на рисунку 2.



1-контрольований виріб; 2-бачок; 3-насос.

Рисунок 2- Випробування напусккових з'єднань

### **3 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ РОБОТИ**

1 Пластина 200x50x10, шт. ....	2
2 Пластина 200x200x10, шт.....	1
3 Пластина 150x150x10, шт .....	1

4 Електроди, шт. ....	10
5 Гас, кг.....	0,5
6 Водно-крейдяний розчин (концентрований), см <sup>3</sup> .....	100

## **4 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ**

- 1 Зачистити дві пластини для зварювання в стик.
- 2 Зварити дві пластини встик.
- 3 Підготувати пластини для виконання напускного з'єднання.
- 4 Обезжирити та очистити від бруду пластини.
- 5 Просвердлити в одній із пластин отвір діаметром 10 мм.
- 6 Зварити дві пластини в напуск по периметру.
- 7 Покрити зварні шви і прилягаючі до них ділянки основного металу шириною 10-15 мм водно-крейдяним розчином.
- 8 Просушити крейдяний шар.

9 Змастити стикові з'єднання гасом із зворотнього боку.

10 Налити через отвір в пластині гас в середину напускного з'єднання.

11 Піддати шви ретельному огляду і відмітити ділянки, на яких появляються жирні плями. Спостереження вести на протязі 15 хвилин.

## **5 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

1 Яку мету переслідує дана робота?

2 Які вироби піддаються випробуванням на щільність за допомогою гасу?

3 На чому оснований даний спосіб контролю?

4 Якою залежністю можна описати процес проникнення рідини в тріщини, інші дефекти матеріалу?

5 Що являє собою коефіцієнт проникності?

6 Яка залежність між коефіцієнтом проникнення і швидкістю проникності?

7 Для чого шов з одного боку спочатку покривають водно-крейдяним розчином?

8 Які з'єднання можна перевіряти даним методом на щільність?

9 За якими ознаками виділяють дефектні ділянки?

10 Чи можливо даним методом виявити не наскрізні дефекти?

## **6 ВИМОГИ ДО ЗВІТУ**

Звіт повинен містити:

- тему та мету роботи;
- теоретичні відомості (рисунки 1, 2);
- порядок та методику проведення випробування;
- результати випробувань;
- контрольні питання;
- перелік посилань.

Звіт повинен бути оформлений у відповідності з діючими нормами і правилами.



## 7 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кривов Г.О. Виробництво зварних конструкцій [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К.: КВІЦ, 2012. – 896 с.
2. Волченко В.Н. Контроль качества сварки [Текст]: учеб. пособие / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1986. – 152 с. – 1 прим.
3. Моцохин С.Б. Контроль качества сварных соединений и конструкций [Текст]: учеб. Пособие / С.Б. Моцохин. – М.: Стройиздат, 1985. – 232 с. -1 прим.
4. Назаров С.Т. Методи контролю якості зварних швів [Текст]: учеб. пособие / С.Т. Назаров. – М.: Машиностроение, 1984. – 228 с.
5. Троицкий В.А. Неразрушающий контроль качества сварных конструкций [Текст]: учеб. Пособие / В. А. Троицкого.- К.: Вища школа, 1986. -256с.

## ЗМІСТ

<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1</b> <b>Тема:</b> Дефекти зварних з'єднань	3
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2</b> <b>Тема:</b> Руйнуючі методи контролю зварних з'єднань	17
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3</b> <b>Тема:</b> Ультразвуковий контроль якості зварних з'єднань ехо-методом	31
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4</b> <b>Тема:</b> Магнітопорошковий метод контролю зварних з'єднань	39
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5</b> <b>Тема:</b> Контроль якості полімерного покриття трубопроводів	52
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6</b> <b>Тема:</b> Контроль нещільності зварних з'єднань	61

## **ДЛЯ НОТАТОК**

